



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 07 617 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 07 617.6  
㉔ Anmeldetag: 9. 3. 91  
㉕ Offenlegungstag: 10. 9. 92

㉙ Int. Cl. 5:  
**C 08 K 7/02**  
C 08 K 7/22  
C 08 J 5/06  
B 29 C 67/14  
B 32 B 27/04

DE 41 07 617 A 1

㉙ Anmelder:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012  
Ottobrunn, DE

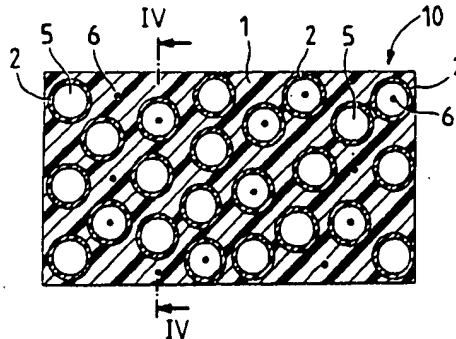
㉙ Erfinder:

Zimmermann, Werner, Dipl.-Phys., 8011 Putzbrunn,  
DE; Martin, Willi, Dr., 8069 Reichertshausen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉙ Faserverbundwerkstoff

- ㉙ Ein Faserverbundwerkstoff mit in eine Matrix 1 eingebetteten Hohlfasern 2, die an den Enden abgedichtet und mit einem Gas 5 oder einer Flüssigkeit gefüllt und aufheizbar sind. Das Aufheizen kann durch in die Hohlfasern 2 oder in die Matrix 1 eingesetzte Heizdrähte 6 oder auch von außen erfolgen. Durch das Aufheizen dehnt sich das Gas oder die Flüssigkeit aus, wodurch der Faserverbundwerkstoff höhere Festigkeitseigenschaften erfährt.



41 07 617 A 1

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE C

1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Faserverbundwerkstoff mit in eine Matrix eingebetteten Fasern.

Es gibt mehrere Anwendungsfälle, bei denen es vorteilhaft ist, daß Bauteile im Betrieb unterschiedliche Festigkeitseigenschaften aufweisen. Derartige Bauteile sind z. B. Federstäbe mit verschiedenem Schwingungsverhalten, Fahrwerke mit differierenden Dämpfungseigenschaften, thermosensitive Aktuatoren. Bisher wurden diese Wirkungen meistens mit Hohlräume aufweisenden elastischen Bauteilen erzielt, die mit unterschiedlichen Flüssigkeits- oder Gasdrücken beaufschlagt wurden. Dieses erfordert komplizierte und teure Speicherbehälter, Ventile und Leitungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Faserverbundwerkstoff der eingangs genannten Art zu schaffen, der in einfacher, billiger Weise mit variablen Festigkeitseigenschaften zu versehen ist.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Der große Vorteil der Erfindung besteht in seiner Einfachheit. In den Faserverbundwerkstoff, der zu einem Bauteil mit unterschiedlichen Festigkeitseigenschaften weiter verarbeitet wird, brauchen nur die Fasern vor dem Einlegen in die Matrix mit einem Gas oder einer Flüssigkeit gefüllt und an den Enden abgedichtet werden. Beim Erwärmen des Bauteils, entweder induktiv mit Heizdrähten in der Hohlaser oder in der Matrix, oder von außen, z. B. mit warmer Luft, hat die Erhöhung der Temperatur eine Erhöhung des Innendruckes in der Hohlaser zur Folge, wobei der Innendruck im Gleichgewicht mit den mechanischen Spannungen in den Faserwänden steht. Damit läßt sich die Vorspannung der Hohlaser bzw. die Steifigkeit des Bauteiles über die Temperatur regeln. Infolge der Volumenausdehnung des Gases oder der Flüssigkeit in der Hohlaser, die z. B. bei einer Faser von 100 cm Länge bei einer Temperaturerhöhung um 1°C eine Längenänderung von ca. 1 mm bewirkt, werden aufgrund des hohen Elastizitätsmoduls der Faser hohe Vorspannungen erzielt. Der erhöhte Spannungszustand in der Faserwandung führt bei Einbettung der Faser in einen geeigneten Matrixwerkstoff zu einer erhöhten Steifigkeit des gesamten Faserverbundes bzw. des Bauteiles. Somit ist das elastische Verhalten eines erfindungsgemäß gestalteten Bauteiles durch Regelung der Temperatur steuerbar. Auch über die Auswahl des Hohlaser-Werkstoffes und der Art der Füllung der Hohlfasern mit Gas oder Flüssigkeit kann das elastische Verhalten des Faserverbundwerkstoffes als Funktion der Temperatur in unterschiedlicher Weise bestimmt werden. So ist es zweckmäßig, bei Fasern mit hohem Elastizitätsmodul, z. B. Glas, eine Füllung mit Flüssigkeit, wie Öl, Alkohol oder Wasser, und bei Fasern mit niedrigem Elastizitätsmodul, z. B. Kunststoff, eine Füllung mit Gas, welches nicht diffundiert, wie Luft, vorzunehmen. Diese neue Art der Schaffung von Bauteilen mit variablen Festigkeitseigenschaften hat innerhalb des Einsatztemperaturbereiches ein gegenüber bekannten Systemen entgegengesetztes elastisches Verhalten als Funktion der Temperatur zur Folge. Während bei bekannten Systemen die Steifigkeit mit zunehmender Temperatur abnimmt, ist bei dem erfinderischen Faserverbundwerkstoff eine Zunahme der Steifigkeit und Festigkeit vorhanden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der

2

Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen in stark vergrößertem Maßstab:

Fig. 1 eine in eine Matrix eingebettete Hohlaser;

Fig. 2 eine Hohlaser wie Fig. 1 mit einem Heizdraht;

Fig. 3 einen Querschnitt durch einen Faserverbundwerkstoff aus Matrix, Hohlfasern und Heizdrähten und Fig. 4 einen Schnitt IV-IV durch die Fig. 3.

Die Fig. 1 zeigt eine in eine Matrix 1 eingebettete Hohlaser 2, die an ihren Enden 3, 4 abgedichtet und mit einem nicht diffundierenden Gas 5, z. B. Luft, gefüllt ist.

Die Fig. 2 zeigt eine gleiche Hohlaser 2 mit einem in der Mitte durchgeführten Heizdraht 6.

In Fig. 3 ist der Querschnitt eines Faserverbundwerkstoffes 10 dargestellt. Dieser besteht aus der Matrix 1 und darin eingebetteten Hohlfasern 2, die teilweise mit Heizdrähten 6 versehen sind. In die Matrix 1 sind weitere Heizdrähte 6 eingebettet.

Fig. 4 zeigt einen Schnitt IV-IV durch Fig. 3 mit einem Endstück des Faserverbundwerkstoffes 10. Die Enden der Heizdrähte 6 werden in bekannter Weise an eine Stromquelle angeschlossen.

Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel, bei dem das in die Hohlfasern 2 eingefüllte Medium aus Gas 5 besteht, muß die Hohlaser aus einem Material mit niedrigem Elastizitätsmodul, z. B. Kunststoff, bestehen. Wenn die Hohlaser aus einem Material mit hohem Elastizitätsmodul, z. B. Glas, besteht, ist es erforderlich, als Füllung eine Flüssigkeit, wie Öl, Alkohol oder Wasser, zu verwenden.

Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, anstelle von Heizdrähten 6 ein aus dem Faserverbundwerkstoff hergestelltes Bauteil zur Festigkeitserhöhung von außen, z. B. mit warmer Luft, zu beheizen.

## Patentansprüche

1. Faserverbundwerkstoff mit in eine Matrix eingebetteten Fasern, dadurch gekennzeichnet, daß als Fasern an den Enden abgedichtete und mit einem Gas (5) oder einer Flüssigkeit gefüllte Hohlfasern (2) verwendet sind, die aufheizbar sind.
2. Faserverbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Hohlfasern (2) mit niedrigem Elastizitätsmodul die Füllung mit nicht diffundierendem Gas (5) erfolgt.
3. Faserverbundwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Hohlfasern mit hohem Elastizitätsmodul die Füllung mit Flüssigkeit erfolgt.
4. Faserverbundwerkstoff nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in die Hohlfasern (2) ein Heizdraht (6) eingesetzt ist.
5. Faserverbundwerkstoff nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Matrix (1) Heizdrähte (6) eingebettet sind.
6. Faserverbundwerkstoff nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein aus dem Faserverbundwerkstoff hergestelltes Bauteil von außen beheizt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

**BEST AVAILABLE COPY**

**— Leerseite —**

# BEST AVAILABLE COPY

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Int. Cl. 5:  
Offenlegungstag:

C 08 K 7/02  
10. September 1992

